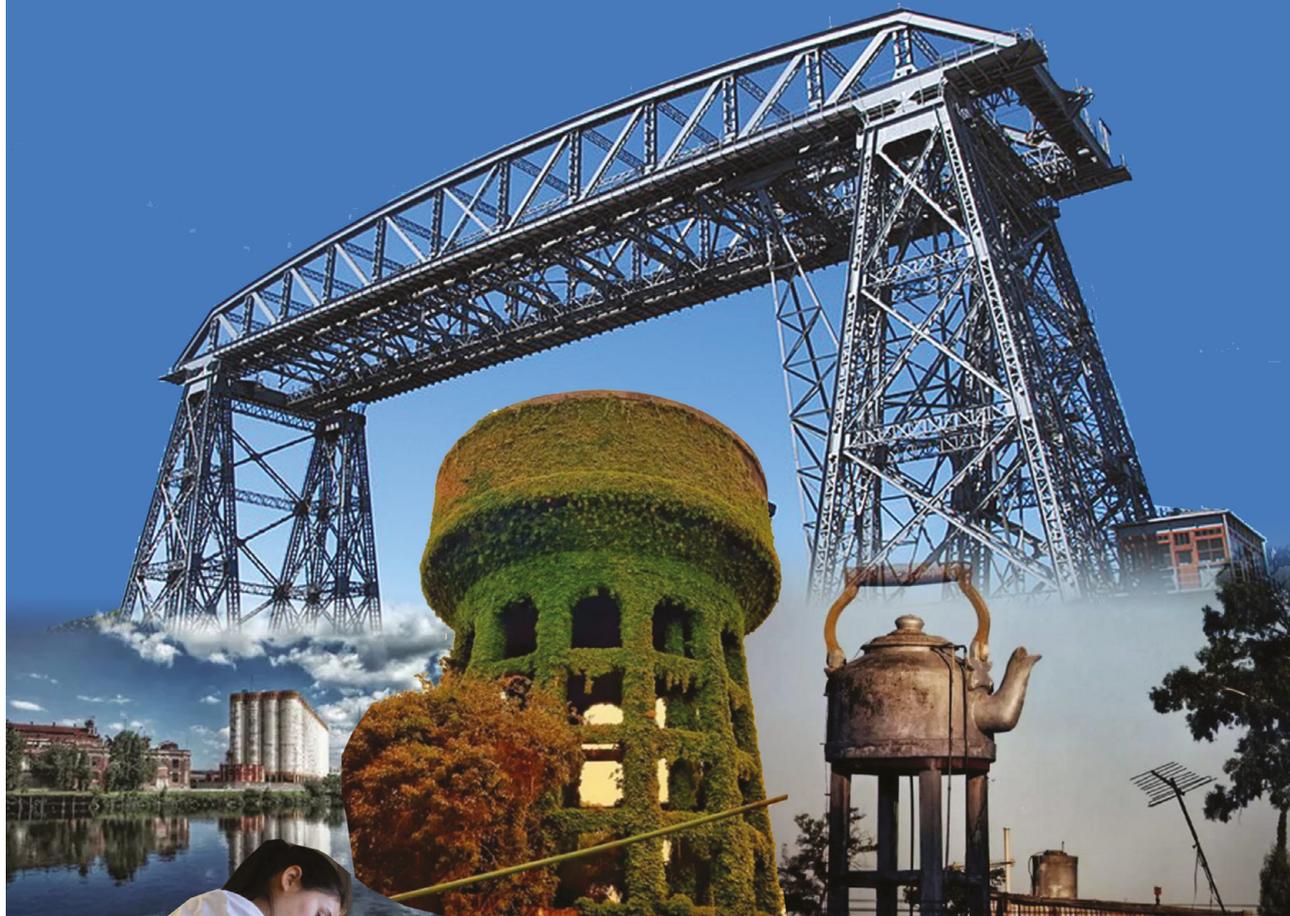


¿En qué conurbano queremos vivir?

Obra colectiva de las universidades del conurbano



 **AAPC**
ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA
EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS
Editorial AAPC

Ana Bidiña / Miguel Ángel Blesa / Jorge Fernández Niello / Patricia Gutti / Pablo Jacovkis / Liliana Semorile



¿En qué conurbano queremos vivir?

Obra colectiva de las universidades del conurbano

¿En qué conurbano queremos vivir? : obra colectiva de las universidades del conurbano / Ana Bidiña ... [et al.] ; Editado por Ana Bidiña ... [et al.]; prólogo de Daniel Eduardo Martínez ... [et al.]. 1a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, 2023.
Libro digital, PDF
Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-48617-3-3
1. Sociología Urbana. 2. Medio Ambiente. 3. Política Sanitaria. I. Bidiña, Ana, ed. III. Martínez, Daniel Eduardo, prolog.
CDD 344.046

Ficha de catalogación

¿EN QUÉ CONURBANO QUEREMOS VIVIR?

Obra colectiva de las universidades del conurbano

Editores

Ana Bidiña, Miguel A. Blesa, Jorge Fernández Niello, Patricia Gutti, Pablo Jacovkis y Liliana Semorile

Diseño de tapa: Pamela Sánchez Uriarte

Dirección de Prensa y Comunicación Institucional (UNQ).

Maquetador: Gabriel Martín Gil

Editado en 2023 por



Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente

ISBN N° 978-987-48617-3-3

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

<http://www.aargentinapciencias.org/>

© 2023 ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

ÍNDICE

¿EN QUÉ CONURBANO QUEREMOS VIVIR?

Obra colectiva de las universidades del conurbano

PRÓLOGOS

Daniel Eduardo Martínez, Rector
Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM)..... 1

Alfredo Alfonso, Rector
Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) 2

Carlos Greco, Rector
Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)..... 4

Martín Kaufmann, Rector
Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF) 6

PRÓLOGO DE LOS EDITORES..... 8

PRIMERA PARTE: Análisis General

Capítulo 1: La Iniciativa ¿En qué conurbano queremos vivir?
(documento fundacional suscrito por ocho universidades del
conurbano en 2018)..... 14

Capítulo 2: Las Universidades y el sistema de ciencia y técnica en el
conurbano, después de la pandemia
por **Ana Bidiña** (UNLaM),
Miguel A. Blesa (UNSAM), **Jorge Fernández Niello** (UNSAM),
Patricia Gutti (UNQ), **Pablo Jacovkis** (UNTREF) y
Liliana Semorile (UNQ). 41

SEGUNDA PARTE: El ambiente

Capítulo 3: Dinámica socio-ambiental relacionada con los recursos hídricos de la Cuenca
por **Fernando Luján Acosta, María Victoria Santorsola, Mariana Beccaría, Valeria Weston, Agustina Celia y Claudio Karlem** (UNLaM) . 49

Capítulo 4: Calidad del aire y de las aguas superficiales del Área Metropolitana de Buenos Aires
por **Marina F. Geler, Elsa G. López Loveira y Vera Mignaqui** (UNSAM) .. 75

Capítulo 5: Espacios verdes en el conurbano bonaerense: Restauración ambiental del predio “Batalla de Villamayor” en la Cuenca Matanza-Riachuelo, Municipio de Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina
por **Analía Soledad Nanni, Pamela Krug, Celeste Merino, Sofía Fantoni, Lucila Sandri, Mauro Sanchez, Griselda Polla y Vera Mignaqui** (UNSAM)117

Capítulo 6: Conurbano sostenible, residuos textiles, empleo y vivienda digna
por **Marta Edith Yajnes y Roberto Rafael Busnelli** (UNSAM).....136

TERCERA PARTE: Salud

Capítulo 7: Estudios de resistencia a insecticidas en insectos de importancia sanitaria realizados en el CIPEIN
por **Raúl Alzogaray, Mariano Cáceres, Paula V. Gonzalez, Laura V. Harburguer, M.M. Noel Reynoso, Gonzalo Roca-Acevedo, Pablo L. Santo Orihuela, Emilia A. Seccacini, Ariel C. Toloza, Claudia V. Vassena, Eduardo N. Zerba** (CIPEIN/CITEDEF y UNSAM).....165

Capítulo 8: Telas antivirales para barbijos: una reacción de I+D frente a la pandemia
por **Silvia Goyanes, Roberto J. Candal, Griselda Polla, Ana María Llois, Lucía Famá, Lucas Guz, Belén Parodi, Patricio Carnelli, Alicia Vergara, David Picón, Lucía Quintero Borregales, Edgard Diaz Diaz y Federico Trupp**.....199

Capítulo 9: Contaminación y enfermedades no infecciosas
por **Ángel R. Navarro, Martín H. Costantini y Gerardo D. Castro** (CEITOX/CITEDEF y UNSAM)218

Capítulo 10: Ruidos y daños a la salud en el partido de Tres de Febrero
por **Nidia Fátima Ferraroti** y **Antonio Rubén Jarne** (UNTREF)254

CUARTA PARTE: Educación

Capítulo 11: Estrategias para la enseñanza de la salud comunitaria en el conurbano bonaerense
por **Silvia Fontán, Juan Boasso, María Daniela Rímoli Schmidt, María Luciana Arauz, Magdalena Bouzigues, Victoria González, Maricel Melita, Laura Adamantino, Juan Smalc** y **Andrea Balagna** (UNLaM) ...294

Capítulo 12: Pedagogías para la justicia desde ciudadanías juveniles del GBA Sur por **Matías Penhos** y **Cecilia Touris** (UNQ).....312

Capítulo 13: En busca de oportunidades: jóvenes universitarios en el conurbano profundo, desigualdad y fragmentación socioespacial por **Alicia Lezcano** (UNLaM)338

QUINTA PARTE: Aspectos sociales

Capítulo 14: Las agendas municipales del conurbano bonaerense en la pandemia del COVID-19
por **Daniel Cravacuore** y **Ángeles Traina** (UNQ)366

Capítulo 15: La exclusión hecha para que dure: problemáticas en la construcción del hábitat popular
por **Oliver Davenport** y **Agustín Bidinost** (UNQ)386

Capítulo 16: El metabolismo social y los cambios en la salud de suelos de interface en la ecorregión Pampa
por **Laura Ramos** (UNGS)420

Capítulo 17: ¿Es posible un nuevo modelo de desarrollo territorial para el conurbano bonaerense?
por **Joaquín Tomé, L. Pacheco, G. Cévalo Boro** y **M. Aizen** (UNSAM)448

SEXTA PARTE: Tecnologías para la agroindustria y para el desarrollo sostenible

Capítulo 18: Análisis climatológico de Quilmes para el uso e implementación de un deshidratador solar de alimentos
por **Guadalupe Leva, Bárbara Bianchi,** y **Damián Lampert** (UNQ)473

Capítulo 19: Referentes comunitarias trabajando por la soberanía alimentaria por Melina Méndez y Denisse Reynoso Peitsch (UNLaM)	496
Capítulo 20: Potencial eólico en el sector oeste del Conurbano por Pablo G. Provenzano y Luis A. Fernández (UNLaM)	519
Capítulo 21: Derecho a una alimentación saludable en el conurbano bonaerense: análisis desde la perspectiva de la soberanía alimentaria en clave territorial en el municipio de Tres de Febrero por Rodrigo Clacheo y María Lucía Cacciutto (UNTREF)	529

CAPÍTULO 8

Telas antivirales para barbijos: una reacción I+D frente a la pandemia

**Silvia Goyanes^{bc}, Roberto J. Candal^{*de}, Griselda Polla^d,
Ana María Llois^{ab}, Lucía Famá^{bc}, Lucas Guzmán^{de}, Belén Parodi^d,
Patricio Carnelli^{de}, Alicia Vergara^{ce}, David Picón^c,
Lucía Quintero Borregales^c, Edgard Díaz^c y Federico Trupp^c**

^a Universidad Nacional de San Martín.

^b Departamento de Física, Universidad de Buenos Aires.

^c Instituto de Física de Buenos Aires (IFIBA, CONICET-UBA).

^d Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
(3iA, EHyS, UNSAM).

^e Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
(IIIA, CONICET-UNSAM).

* rcandal@unsam.edu.ar

Palabras clave: Tela antiviral; Máscara facial; Nano-plata; Covid-19, Nano-cobre.

Keywords: Antivirus cloth; Facemask; Nano-silver; Nano-copper; Covid-19.

Resumen ejecutivo

A comienzo del año 2020 la rápida diseminación mundial del virus SARS-Cov-2 generó una pandemia que puso en jaque a los sistemas de prevención y asistencia médica a nivel global. La gran demanda de insumos para hacer frente a la enfermedad y la actitud proteccionista de los países centrales dejó en una situación sumamente comprometida a los países en vías de desarrollo. Como respuesta a la emergencia, el sistema científico tecnológico del país reaccionó rápidamente generando alternativas para

suplir el faltante de equipos de diagnóstico, protección y prevención. En este artículo se describe el desarrollo de telas con actividad antimicrobiana, diseñadas para confeccionar barbijos y otros elementos de protección de uso social, a partir de materias primas disponibles en el país durante el comienzo de la pandemia. En virtud del trabajo conjunto de grupos de investigación conformados por becarios e investigadores del CONICET, la Universidad Nacional de San Martín y la Universidad de Buenos Aires, en coordinación y comunicación permanente con la empresa adoptante, se generó en poco más de dos meses un producto con capacidad para desactivar virus, bacterias y hongos, basado principalmente en la actividad antimicrobiana de la plata nanométrica y el cobre. Este trabajo demuestra el enorme potencial de colaboración entre el sistema científico tecnológico y la industria local, para generar productos innovadores y de alto valor agregado.

1. Introducción

1.1 Surgimiento de la pandemia COVID-19

A fines del año 2019 aparecieron las primeras noticias sobre una nueva enfermedad, presumiblemente originada en la ciudad de Wuhan, que se difundía rápidamente por toda la República Popular China. Presentaba algunos síntomas similares a la gripe, otros muy característicos como la pérdida de olfato y tos seca, y era muy contagiosa. La primera respuesta de China fue reducir la movilidad de los habitantes al mínimo posible, instalando una cuarentena estricta, y la construcción de hospitales para albergar a la creciente cantidad de pacientes con dificultades respiratorias. Muy pronto, se informó sobre la extensión de la enfermedad a otros países, transmitida por viajeros internacionales que, desconociendo la enfermedad, actuaron como sus vectores.

Pronto se supo que el causante era un virus del tipo corona, denominado SARS-CoV-2. En los primeros meses se sabía poco sobre su estabilidad y sobre la forma de contagio. Los primeros resultados indicaron que poseía una gran persistencia en las superficies, y que podría transmitirse a través de las gotitas expelidas al hablar o toser.

El 30 de enero del 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró una emergencia de salud pública internacional, y para el 11 de marzo reconoció a la enfermedad causada por el SARS-CoV-2 como una pandemia internacional. En Argentina el primer caso se detectó el 3 de marzo

del 2020 y el 19 del mismo mes se decretó el Aislamiento Social Preventivo Obligatorio (ASPO) de toda la población. Esta situación limitó fuertemente la movilidad en las ciudades y entre ciudades.

1.2 Situación de falta de suministros

La pandemia se extendió rápidamente por el mundo y las potencias tomaron recaudos para contar con los insumos necesarios para enfrentar a la enfermedad. Esto produjo un desabastecimiento importante a nivel mundial de materiales y materias primas relacionadas tanto con el tratamiento de la enfermedad como con su prevención. Los países en vías de desarrollo resultaron los más perjudicados, por no contar con las posibilidades de fabricar elementos de prevención o tratamiento. La crisis vivida, mostró la peor cara de la globalización, en la cual los países generadores de insumos para luchar contra la enfermedad cortaron el suministro a otros, mostrando la indefensión de los países sin industria propia frente a circunstancias de emergencia. Argentina no escapó a la escasez de materiales para la prevención y tratamiento, recurriéndose a diferentes alternativas para tratar de paliar la situación (ver notas periódicas 1, 2 y 3 en la bibliografía).

En los primeros tiempos del desarrollo de la pandemia, se tomó como una fuente importante de contagio la transmisión por contacto con superficies infectadas. Sin embargo, con el correr de los meses se comprobó que la transmisión del virus a través de las gotitas emitidas por las personas infectadas al hablar, toser o estornudar es superlativa. Las gotitas más peligrosas resultan las de diámetro menor a un micrómetro (una millonésima de metro, unas 100 veces más delgado que un cabello humano), las cuales pueden permanecer suspendidas en el aire durante un tiempo considerable (decenas de minutos) y dispersarse en el ambiente (ver por ejemplo Jiménez, J.L. y col., 2021 y Milton D.K. 2020, para interesantes conceptos y discusiones al respecto). Teniendo en consideración esta forma de propagación, la OMS recomendó el uso de máscaras faciales para toda la población civil, en el transporte público, en los comercios y en las calles (sobre el uso de máscaras faciales o barbijos como prevención para enfermedades con este tipo de transmisión ver Howard J. y col., 2021). Ante la escasez de barbijos comerciales, se recomendó el uso de telas de diversos tipos para la confección de barbijos caseros. La combinación de telas sintéticas con algodón potencialmente genera una barrera al pasaje de las gotitas conteniendo virus, debido a una acción simultánea de repulsión electrostática y filtración mecánica (Konda A. y col., 2020). Sin

embargo comenzaron a verse en los comercios barbijos de confección casera, con telas no apropiadas y de poca capacidad filtrante.

1.3 Caso particular hospital Eva Perón de San Martín

La inminente escasez de insumos preocupó a los profesionales de la salud. En particular, profesionales del hospital Eva Perón, sito en el Partido de General San Martín, se comunicaron con una de las coautoras para manifestar su preocupación y consultar sobre la posibilidad de que desde el ámbito académico se pudieran desarrollar máscaras faciales alternativas a las comerciales cuya ausencia en el mercado comenzaba a preocupar. De esta forma nació entre un grupo de investigadoras e investigadores la idea de producir un barbijo con materiales accesibles en el mercado local, que presentara actividad antimicrobiana como ventaja adicional por sobre los convencionales.

1.4 Descripción del equipo de trabajo. Sinergia de especialidades

El equipo de trabajo se conformó entre investigadoras e investigadores del Instituto de Física de Buenos Aires, sito en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, y del Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental sito en la Universidad Nacional de San Martín. Entre los y las integrantes del equipo se contó con físicos/as, químicos/as y biotecnólogos/as, con antecedentes de trabajo en colaboración de más de diez años. Los trabajos previos del equipo se centraron principalmente en el desarrollo de materiales poliméricos ambientalmente amigables, empleando sistemas en la escala nanométrica como forma de mejorar las propiedades mecánicas y la actividad microbiana de los materiales plásticos obtenidos a partir de polímeros de origen biológico (en especial, diferentes tipos de nanopartículas de óxido de cinc, óxido de titanio, nanotubos y fibras de carbono, Morales y col., 2015; Guz y col., 2017). No contaban con antecedentes en el desarrollo de telas para barbijos u otras aplicaciones médicas, pero sí en la preparación de materiales poliméricos compuestos, en el empleo y síntesis de nanomateriales y en ensayos microbiológicos para determinar la bioactividad de polímeros funcionalizados. Adicionalmente, los y las integrantes del equipo tienen una larga experiencia en transferencia e interacción con empresas de diferentes rubros, y en el trabajo a escala piloto. Esta experiencia y los años de trabajo compartido, en los cuales se cruzaron los conocimientos de diferentes disciplinas, fueron fundamentales para desarrollar en un corto tiempo el producto buscado. Contar con equipos de trabajo capaces de trabajar en forma interdisciplinaria y con un

gran entrenamiento científico-tecnológico es necesario para poder dar respuesta a problemas que súbitamente pueden golpear a la sociedad. Frente a estas situaciones, el entrenamiento da la flexibilidad necesaria para adaptar las técnicas y metodologías de trabajo a la resolución del problema que requiere tratamiento inmediato.

1.5 Primeras ideas

La situación del momento obligaba a pensar en alternativas robustas, que emplearan materiales asequibles en el mercado local. Es decir, que no estuvieran entre las más demandadas para enfrentar a la pandemia de SARS-CoV-2. Con esto en mente, se revisó la bibliografía en busca de sustancias con actividad antimicrobiana, bien toleradas por el ser humano y que cumplieren con los requisitos anteriores. Entre varias alternativas, las que más llamaron la atención fueron el uso de aceites esenciales (de reconocida acción antibacteriana y antiviral), polifenoles de origen vegetal (Catel-Ferreira, M. y col., 2015) y metales como la plata y el cobre. Una nota de color interesante fue encontrar una abundante bibliografía respecto al desarrollo de máscaras faciales antimicrobiana en los años inmediatamente posteriores a la pandemia de gripe A (H1N1), que afectó a buena parte del globo en el año 2010. Ya en ese año Borcow y colaboradores propusieron el uso de óxido de cobre (CuO) en la confección de máscaras faciales con actividad antiviral (Borcow G. y col., 2010).

El cobre y la plata, tanto en estado elemental como en la forma de iones, presentan actividad antimicrobiana, principalmente antiviral y antifúngica el cobre, y antibacteriana la plata (Thurman R. y col., 1989). La acción de estos metales se conoce desde la antigüedad, cuando se empleaban instrumentos de bronce, cobre o plata en intervenciones quirúrgicas, para esterilizar heridas o purificar agua (Borkow, G., y Gabbay, J., 2009). Tienen la ventaja de ser robustos y de actividad prolongada. El problema con ellos es que son de por sí costosos y complejos de introducir en una máscara facial manteniendo un costo bajo (aunque existen telas con hilados de cobre o plata). En este sentido la nanotecnología da una mano (Rtimi, S. y col., 2018). Se conoce desde hace tiempo las propiedades antibacterianas de la plata nanométrica (Nakamura S., y col., 2018). En la nanoescala, la plata presenta una importante actividad antibacteriana, a través de un mecanismo que incluye la formación de especies reactivas de oxígeno capaces de desnaturalizar la membrana celular. La incorporación de nanoplata metálica en telas cuenta con antecedentes en el desarrollo de insumos para la confección de prendas con actividad antibacteriana. A su vez, existen antecedentes que indican que el cobre

nanométrico, tanto en forma metálica como en óxidos o compuestos de Cu(II), presenta actividad antiviral y antifúngica (Ingle A.P., 2013; Salah I. y col., 2021). El empleo de nanopartículas conduce a una acción eficiente del producto, empleando cantidades pequeñas. Esto se debe a la gran relación área/volumen de las nanopartículas, que produce una enorme disponibilidad superficial de los agentes activos.

1.6 Interés de la empresa Kovi en desarrollar un producto con actividad antimicrobiana. Estrategias y desafíos para la implementación

A poco de declarado el ASPO, se estableció contacto con autoridades de la empresa Kovi para explorar la posibilidad de desarrollar una tela con actividad antimicrobiana, que pudiera emplearse en la confección de barbijos. Los dueños de la empresa estaban interesados desde un tiempo antes de la emergencia en el desarrollo de estas telas para uso en la confección de toallas y artículos relacionados. La pandemia los impulsó a buscar alternativas que permitieran continuar con el funcionamiento de la fábrica. La condición era usar telas y materias primas asequibles en el mercado local, con un método de producción que pudiera realizarse en su planta de fabricación. La propuesta se acercaba a la idea original del equipo de trabajo, por lo que se decidió abocarse a la realización del proyecto.

Las telas propuestas resultaron ser de algodón poliéster, no adecuadas para la confección de máscaras faciales de uso médico, pero sí para uso social. Es decir, podían usarse para fabricar barbijos adecuados para situaciones de exposición no directa a personas infectadas, de forma tal de disminuir la probabilidad de contagio durante el desenvolvimiento de las actividades cotidianas.

En base a los materiales disponibles, y a lo que se conocía sobre la transmisión de la enfermedad a comienzos del año 2020, se buscó desarrollar un material que presentara actividad antiviral para prevenir la diseminación del virus por contacto con superficies infectadas y que pudiera re-usarse después del lavado con simple agua y jabón. Se tuvo en consideración que con el uso prolongado los barbijos acumulan microorganismos en la pared externa, los cuales pueden permanecer viables durante un tiempo prolongado (Howard J. y col., 2021). Esta situación representa un riesgo de contagio, pues es muy común que las personas no habitadas al uso de estos elementos de protección, los toque con frecuencia con las manos desnudas, con riesgo de diseminar los virus a otras superficies o autoinfectarse. La acumulación de microorganismos también puede te-

ner lugar en la cara interna del barbijo, con potencial riesgo para la salud del usuario. La posibilidad de lavar el barbijo manteniendo la actividad antimicrobiana era una condición necesaria para generar un producto reusable, que permitiera la amortización del costo y disminuyera el impacto ambiental reduciendo el descarte del material.

2. Metodología y Resultados

2.1 Impregnación de la tela

La tela de base empleada consistió en un hilado de algodón poliéster 80:20. La incorporación de los agentes activos nano-plata y Cu (II) se realizó a través de un polímero hidrosoluble, con buena adherencia a las fibras de algodón. El polímero presentó una buena capacidad complejante respecto al Cu(II) y reductora respecto a la Ag(I), conduciendo a la formación de nanopartículas de plata in situ. La presencia de nanopartículas de plata se manifestó a través del color de la solución de impregnación, típico de una dispersión de nano-plata, correspondiente a la absorción de luz por partículas de tamaño nanométrico.

La incorporación de un agente entrecruzante disminuyó la solubilidad del polímero, haciéndolo resistente al lavado. Las telas se impregnaron con una solución acuosa del polímero y sales de los metales, y se secaron en calandra. Se prepararon telas conteniendo nano-plata y telas conteniendo Cu(II).

2.2 Caracterización de la tela

Una vez realizada la impregnación las telas se analizaron por microscopía electrónica de barrido y espectroscopia de dispersión de rayos-X (EDS, por sus siglas en inglés). De esta forma se determinó si el proceso de impregnación degradaba la tela, y el contenido de metal de la misma. En la Figura 1 se presenta una imagen de la tela impregnada, el espectro EDS y la composición semicuantitativa. En la misma figura se presenta una imagen obtenida con electrones retrodifundidos, donde se visualizan agregados de nanopartículas de plata como manchas más claras sobre el fondo oscuro.

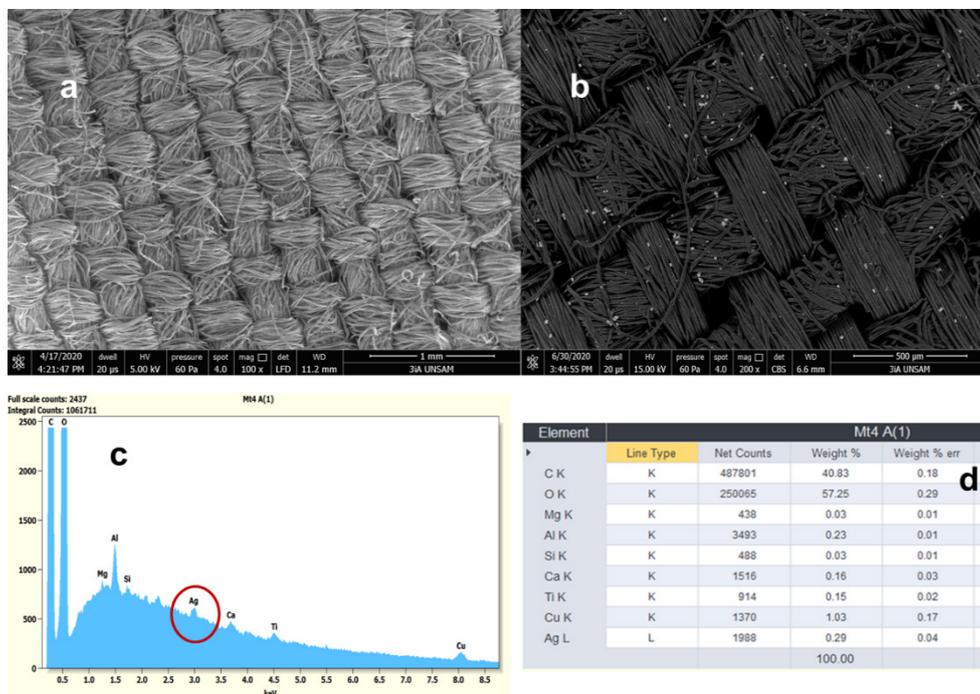


Figura 1. Análisis por microscopía electrónica de barrido y espectroscopia de dispersión de rayos-X (EDS) de una tela impregnada con nano-plata. a) Imagen mostrando la morfología de la tela, con su hilado característico; b) imagen obtenida con electrones retrodifundidos, donde los puntos claros corresponden a agregados de partículas de plata; c) espectro EDS de la tela donde se aprecia la presencia de plata (círculo); d) composición química semicuantitativa de la tela.

2.2 Ensayos de actividad antimicrobiana

Para determinar la acción antimicrobiana de las telas se realizaron los siguientes ensayos:

2.2.1) Actividad antibacteriana preliminar:

Ensayos basados en la norma JIS L 1902 empleando *E. coli* DH5 α como bacteria modelo para el ensayo. La actividad antimicrobiana se evaluó aplicando la ecuación 1.

$$R = \log(B/A) - \log(C/A)$$

Ecuación 1

Donde A es la cantidad de bacterias inoculadas en las telas, B es el número de bacterias en la tela control luego de 24 h y C es el número de bacterias en la tela tratada luego de 24 h. La cantidad de bacterias inoculadas en las telas (A) fue de 1200 UFC/mL. Según las especificaciones del ensayo estándar, se considera un material con actividad antimicrobiana si el resultado del ensayo es $R > 2$. Estos ensayos permitieron determinar en forma rápida las condiciones de preparación que condujeron a obtener las telas más promisorias respecto a su actividad antimicrobiana. Los ensayos se aplicaron sobre las telas con nanoplata o con Cu(II), antes y después de ser expuestas a 15 lavados manuales con agua jabonosa a temperatura ambiente. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos con dos formulaciones distintas (actualmente licenciadas a la empresa). Se aprecia que los valores del parámetro R satisfacen la condición necesaria para un material con actividad antimicrobiana, la que permanece después de quince lavados consecutivos.

Tabla 1: *Ensayo de actividad antimicrobiana con E. coli, basado en la norma JIS L 1902.*

Muestra	% Plata (EDS)	% Cobre (EDS)	Bacterias (UFC/mL)	R
Control a $t = 0$ h (A en ec. 1)	-	-	1200	-
Control a $t = 24$ h (B en ec. 1)	-	-	30600	-
Sistema 6	-	$2,6 \pm 0,2$	40	2,9
Sistema 6 con 15 lavados	-	$2,3 \pm 0,2$	60	2,7
Sistema 1	$0,50 \pm 0,02$	-	10	3,4
Sistema 1 con 15 lavados	$0,30 \pm 0,02$	-	175	2,3

2.2.2) Actividad antibacteriana según norma ISO 20743:2013, *Staphylococcus aureus* ATCC 2592.

Se obtuvo una reducción del 100% en cinco minutos de contacto. Este ensayo se realizó en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) empleando las telas seleccionadas según el ensayo anterior.

S. Goyanes, R. Candal, G. Polla, A. Llois, L. Famá, L. Guz, B. Parodi, P. Carnelli, A. Vergara, D. Picón, L. Quintero Borregales, E. Diaz y F. Trupp

2.2.3) Actividad antibacteriana según norma ISO 20743:2013, Escherichia coli ATCC 25922.

Reducción del 99,9% en dos minutos de contacto. Este ensayo se realizó en el INTI empleando las telas seleccionadas según el ensayo 2.2.1.

2.2.4) Actividad antifúngica, según norma ISO 20743:2013, Candida albicans L0024.

Reducción del 99,8% a 24h de exposición. Este ensayo se realizó en el INTI empleando las telas seleccionadas según el ensayo 2.2.1.

2.2.5) Actividad antiviral según norma ISO 18184:2019, Coronavirus canino (CCoV).

Actividad antiviral > 3,95 a 2 minutos de contacto. Equivale a una disminución de casi 10.000 veces en la actividad viral. Este ensayo se realizó en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) empleando las telas seleccionadas según el ensayo 2.2.1

2.3) Máscara facial o barbijo

A partir de las telas conteniendo nano-plata o Cu(II) se confeccionaron barbijos de forma tal que el Cu(II) con acción antiviral y antifúngica quedara en la cara exterior y la nano-plata en la cara interna. La primera busca desactivar los virus que pudieran quedar retenidos en el entramado de la tela, la segunda evitar el desarrollo de bacterias en el interior del barbijo. En la Figura 2 se presentan imágenes del producto final y un esquema con la estrategia planteada.

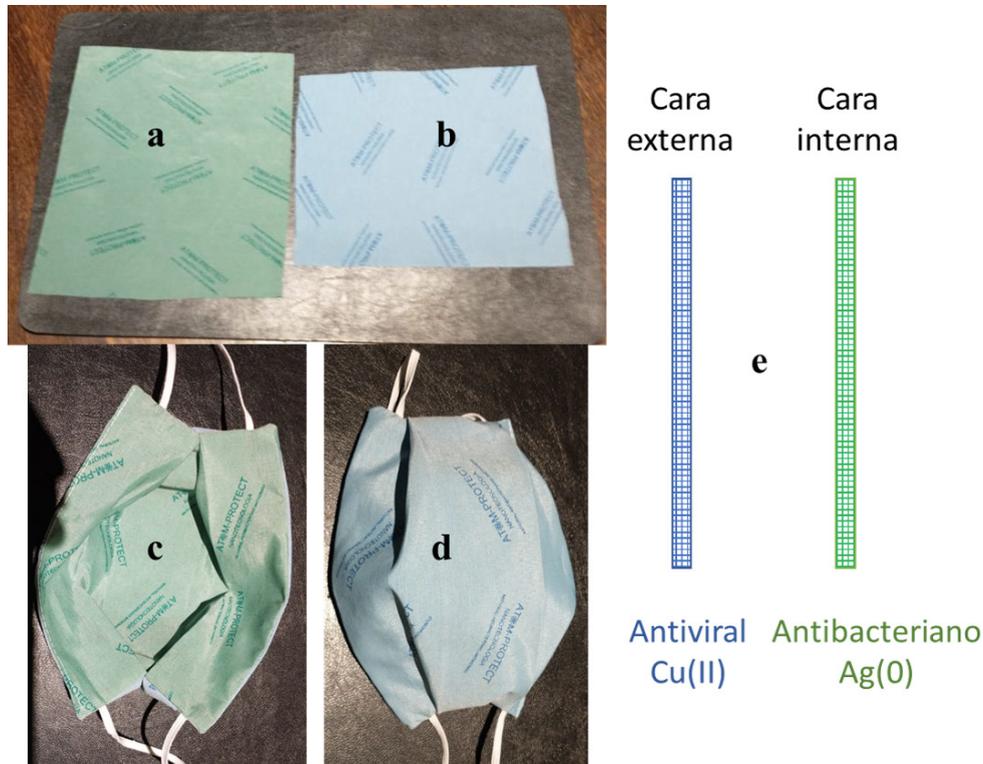


Figura 2. Imágenes de las telas con nano-plata (a), Cu(II) (b), Cara interna del barbijo terminado (c), cara externa del barbijo terminado (d), esquema de la confección (e).

2.4) Evaluación de la eficiencia de filtrado y respirabilidad

Las telas de algodón-poliéster tejidas usualmente permiten el paso del aire permitiendo una buena respiración, con el inconveniente de ser permeables a las partículas pequeñas. Para evaluar la respirabilidad del material así como su capacidad filtrante, se diseñó y armó un dispositivo basado en información bibliográfica previa (Konda A. y col., 2020). Para la respirabilidad se siguió la norma EN 14683. Mientras que para la eficiencia de filtrado se utilizó un aerosol húmedo de NaCl, determinando el tamaño y cantidad de partículas de dicho aerosol con un equipo Shimadzu SALD-3101. Cabe aclarar que en este caso el procedimiento es similar al que se utiliza para la eficiencia de filtrado para bacterias (norma ASTM F2101, aerosoles húmedos), a diferencia del procedimiento usado para la eficiencia de filtrado para material particulado (norma NIOSH 42

CFR 84, aerosoles secos). En la Figura 3 se incluye un esquema del dispositivo utilizado.

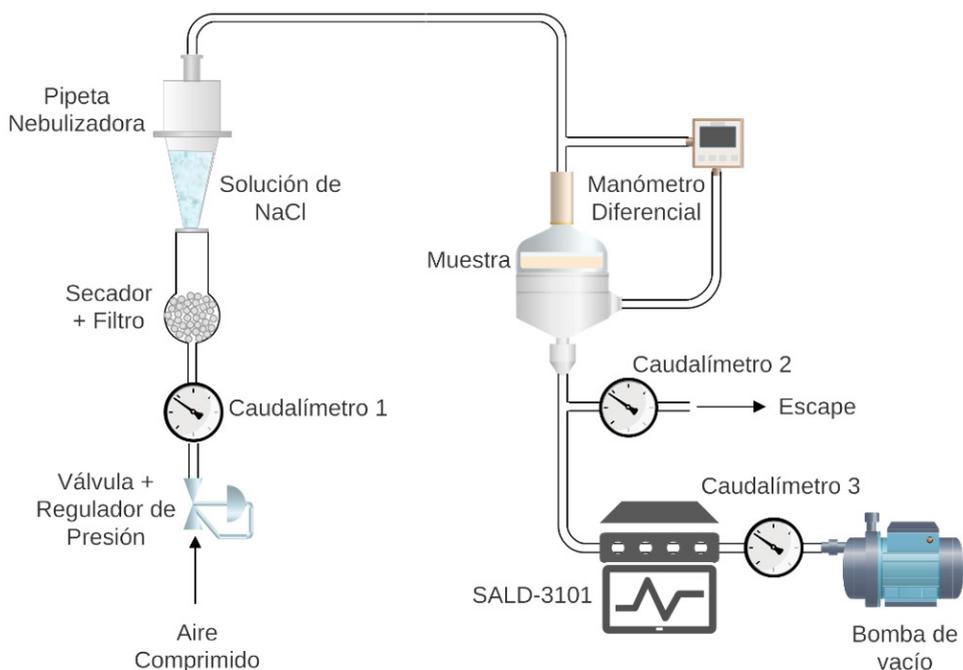


Figura 3. Esquema del dispositivo diseñado para determinar respirabilidad y eficiencia de filtrado. Para la respirabilidad se quita el instrumento SALD-3101. Para la eficiencia de filtrado se quita el manómetro diferencial.

2.5) Mejoras en la eficiencia de filtrado

Al avanzar el conocimiento sobre el SARS-CoV-2, se confirmó que la vía de difusión más importante del virus es aérea, a través de microgotas que viajan por el aire o permanecen en suspensión por largo tiempo. Acompañando a las nuevas tendencias, se aumentó la eficiencia de filtrado del producto incorporando una tela no tejida de polipropileno (proceso *meltblown*). Este tipo de telas, en virtud del entramado tortuoso que presentan, tienen muy buena eficiencia de filtrado. Adicionalmente, suelen adquirir carga electrostática que repele o atrapa (dependiendo de sus características) a las gotitas que transportan los virus (Konda A. y col., 2020). En la Figura 4 se muestra un corte del producto final y los resul-

tados del análisis de respirabilidad y eficiencia de filtrado. El agregado del filtro mejora notablemente esta última propiedad, a expensas de una disminución en la respirabilidad que, de todas maneras, se encuentra dentro de valores aceptables (norma EN 14683).

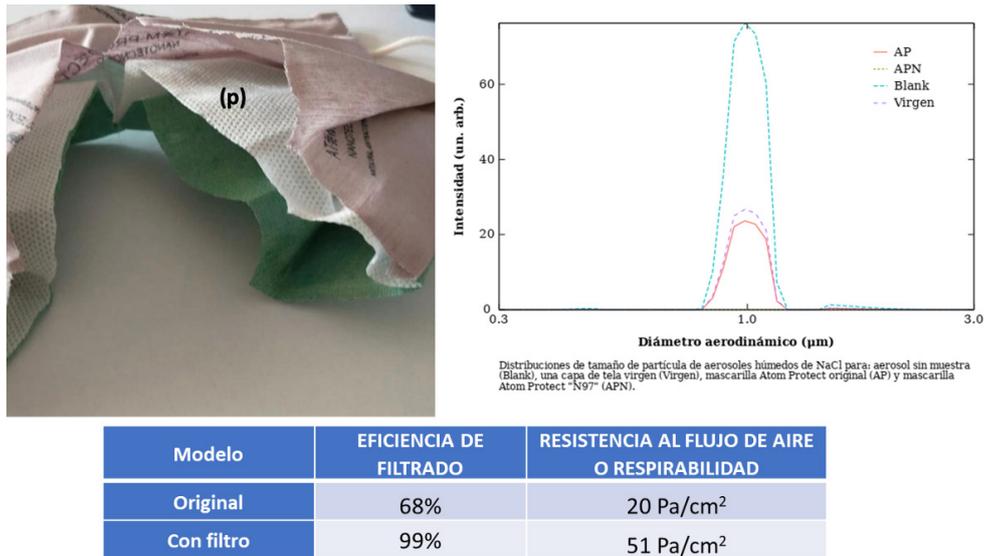


Figura 4. Eficiencia de filtrado y respirabilidad de las máscaras faciales complementadas con una tela no tejida de polipropileno (indicada con (p) en la fotografía).

3. Discusión

3.1 Aspectos técnicos

La combinación de un polímero hidrosoluble con características complejantes y reductoras con sales de plata y cobre, condujo a una solución acuosa precursora adecuada para la impregnación de tela de algodón-poliéster. Las suaves características reductoras del polímero fueron suficientes para formar nanopartículas de plata, las cuales se identificaron en virtud del color típico que tomó la solución, correspondiente a la absorción de luz a 400 nm, fenómeno que ocurre cuando las partículas de plata se encuentran en la escala nanométrica. Los ensayos de actividad antibacteriana preliminares condujeron a la selección de las condiciones de preparación adecuadas para obtener actividad antifúngica y anti-

ral, tal como se demostró con los ensayos normalizados realizados en el INTI y el INTA. Esto permitió avanzar rápidamente hacia la formulación más adecuada para preparar telas con actividad antimicrobiana. Estos resultados indicaron que los materiales activos se encuentran biodisponibles en la tela, y no quedan completamente ocluidos por el polímero, ni modifican su actividad como consecuencia del procesamiento de la tela. Además, mantienen su acción hasta después de haber sido expuestos a quince operaciones de lavado, lo que demuestra que el polímero se adhiere fuerte e irreversiblemente a la fibra de algodón.

Los resultados de eficiencia de filtrado muestran que la máscara facial original es capaz de retener cerca del 70% de las gotitas provenientes de un aerosol de una solución salina, similares a las que podrían transportar virus. Los virus retenidos en la tela pueden ser desactivados por el compuesto antiviral. La incorporación de una tela extra de polipropileno no tejido produce una barrera más eficiente frenando más del 99% de las gotitas de solución salina, manteniendo la respirabilidad dentro de lo aceptable para una máscara facial. Esto es importante para que pueda ser bien tolerado por el usuario.

3.2) Del laboratorio a la fábrica

Un aspecto que aún no ha sido considerado es el del aumento de escala para pasar de ensayos de laboratorio a la fabricación a escala industrial. Esta etapa suele ser trabajosa y necesita un tiempo usualmente largo para lograr ajustar las variables de fabricación. En este caso no había tiempo, la pandemia avanzaba rápidamente, los insumos escaseaban y aún faltaba para el desarrollo de vacunas que frenaran el avance de la enfermedad. En ese contexto, el proyecto se pensó desde un comienzo con el objetivo puesto en una rápida transferencia y escalado a fábrica. Gracias a la experiencia desarrollada en proyectos previos de transferencia, fue posible diseñar un proceso de fabricación adaptable con relativa facilidad a una producción masiva. Fue necesario un fuerte compromiso por parte de los y las doctorandos/as que participaron del proyecto para trasladarse a la fábrica y trabajar codo a codo con los y las profesionales, técnicos/as y operarios/as, explicando qué es lo que se necesitaba lograr y viendo *in situ* con qué se contaba. Las primeras pruebas fueron rudimentarias y muy desafiantes hasta alcanzar los resultados deseados ¡No es lo mismo preparar 100 mL que 100 L de una solución del polímero! ¡Y es muy diferente secar 30 cm de tela que 30 metros! Pero se aprendió a hacerlo en relativamente poco tiempo, luego de muchas horas en la fabri-

ca y de febriles discusiones virtuales. La Figura 5 intenta ilustrar sobre las diferencias entre el laboratorio y la fábrica.

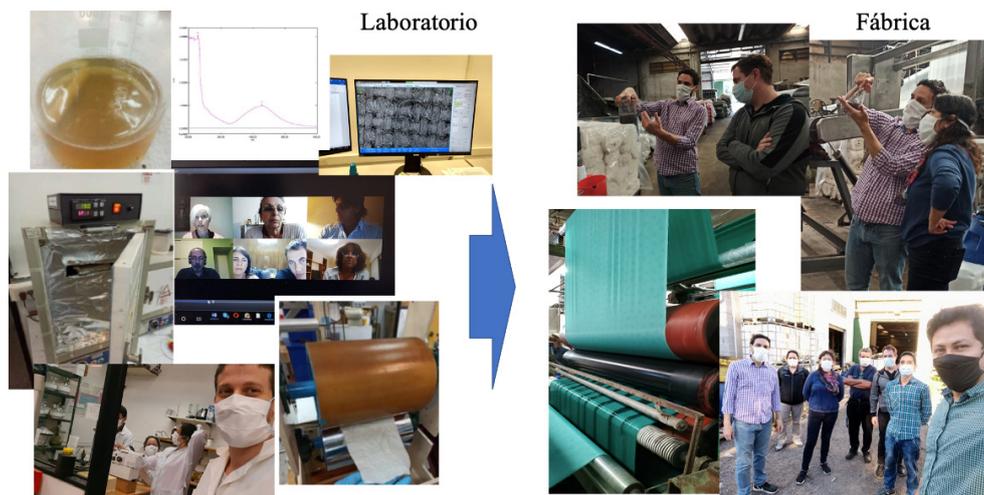


Figura 5. *del laboratorio a la fábrica: un desafío que demanda experiencia, imaginación y comunicación.*

Una mención aparte merece el trabajo realizado por las oficinas de vinculación tecnológica del CONICET, UNSAM y FCEyN-UBA. En tiempos de emergencia, se aceleraron los trámites necesarios para la realización de transferencias entre los centros de investigación y las empresas. Esto dejó un aprendizaje que debería instrumentarse de ahora en más, para mejorar la producción, calidad y valor agregado de los productos fabricados en el país.

4. Conclusiones

Una de las conclusiones más importantes de este trabajo es que el sistema científico-tecnológico del país tiene la capacidad para dar respuesta rápida frente a una emergencia como la vivida en el 2020-2021. Este es solo un pequeño ejemplo, que se suma a importantes desarrollos como los tests rápidos para COVID, análisis por PCR, vacunas y otros más. Esta respuesta fue y es posible porque hay investigadores/as y estudiantes que permanentemente se capacitan para estar en la punta de los desarrollos tecnológicos y los descubrimientos científicos, y porque se cuenta con el equipamiento avanzado mínimo imprescindible para realizarlos.

En este caso, no hubiera sido posible realizar el proyecto sin contar con un microscopio electrónico de última generación, y con profesionales expertos en su utilización. Se necesita contar con equipos avanzados para, a la vez, contar con el personal capacitado para operarlos. Esto da independencia.

Otra conclusión, es que no es necesario trabajar exactamente en el tema central de la emergencia, seas cual fuera esta. La actividad permanente en el campo científico-tecnológico da la versatilidad necesaria para adaptarse rápidamente a una necesidad puntual. Esto prueba que la inversión en investigación no es un gasto, sino que es lo que el país necesita para desarrollarse en forma independiente y dar respuesta cuando la sociedad lo necesita. Los tiempos que se avecinan no serán fáciles. Hay numerosos problemas serios que responder: un clima cambiante a nivel mundial, escases de energía, de agua, un ambiente que se degrada aceleradamente, pobreza y desigualdad, y otras vicisitudes que habrá que resolver para que la humanidad pueda continuar subsistiendo. Quedó demostrado que ante la emergencia estamos solos como nación. Lamentablemente, un exacerbado individualismo y egoísmo prevalece a nivel mundial. Pero aun contamos con herramientas para hacer frente a éste y a los problemas que pudieran venir. Solo resta continuar invirtiendo y apostando a la ciencia y tecnología argentina.

Otra conclusión muy importante es que en estos tiempos el trabajo interdisciplinario y la colaboración entre equipos de investigación es imprescindible para llevar adelante proyectos transferibles a la industria. Los temas alcanzan una complejidad tal que se necesitan de la confluencia de diferentes disciplinas para abordarlos exitosamente. Eso no significa dejar de lado los estudios disciplinares, sino que se necesita ampliar la colaboración y el trabajo entre grupos de investigación con diferentes especialidades.

Finalmente, este caso es un ejemplo de cómo la interacción entre la Universidad, el CONICET y las empresas, redundaba en un claro beneficio para los participantes y la sociedad toda.

Agradecimientos

Los autores y autoras agradecen al Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación, MINCyT, al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Universidad de Buenos Aires, la Universidad Nacional de

San Martín, y la empresa KOVI, SRL. Muy especialmente a las Autoridades y al personal administrativo que colaboraron enormemente para agilizar las instancias administrativas y legales.

Bibliografía

- Borkow, G., y Gabbay, J. (2009) "Copper, An Ancient Remedy Returning to Fight Microbial, Fungal and Viral Infections", *Current Chemical Biology*, **3(3)**, 272–278. doi:10.2174/187231309789054887.
- Borkow, G., Zhou, S. S., Page, T., y Gabbay, J. (2010) "A Novel Anti-Influenza Copper Oxide Containing Respiratory", *Face Mask. PLoS ONE*, **5(6)**, e11295. doi:10.1371/journal.pone.0011295.
- Catel-Ferreira, M., Tnani, H., Hellio, C., Cosette, P., y Lebrun, L. (2015) "Antiviral effects of polyphenols: Development of bio-based cleaning wipes and filters", *Journal of Virological Methods*, **212**, 1–7. doi:10.1016/j.jviromet.2014.10.00.
- Guz, L., Famá, L., Candal, R.J., Goyanes, S. (2017) "Size effect of ZnO nanorods on physicochemical properties of plasticized starch composites", *Carbohydrate Polymers* **157**, 1611–1619. ISSN: 0144-8617.
- Howard J., Huang A., Li Z., Tufekci Z., Zdimal V., van der Westhuizen H-M, von Delft A., Price A., Fridman L., Tang L-H, Tang V., Watson G.L., Bax C.E., Shaikh R., Questier F., Hernandez D., Chu L.F., Ramirez C.M., Rimoin A.W. (2021), "An evidence review of face masks against COVID-19", *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, **118** No. 4, 1-12. <https://doi.org/10.1073/pnas.2014564118>.
- Ingle, A. P., Duran, N., & Rai, M. (2013) "Bioactivity, mechanism of action, and cytotoxicity of copper-based nanoparticles: A review", *Applied Microbiology and Biotechnology*, **98(3)**, 1001–1009. doi:10.1007/s00253-013-5422-8.
- Jimenez J.L., Marr,L.C., Randall K., Ewing E.T., Zeynep E., Tufekci, Greenhalgh T., Tellier R., Tang J.W., Li Y., Morawska L., Mesiano-Crookston J., Fisman D., Hegarty O., Dancer S.J., Bluysen P.M., Buonanno G., Loomans M.G.L., Bahnfleth W.P., Yao M., Sekhar C., Wargoeki P., Melikov A.K., Prather K.A. (2022) "What were the historical rea-

sons for the resistance to recognizing airborne transmission during the COVID-19 pandemic”, *Indoor Air*, 32:e13070. <https://doi.org/10.1111/ina.13070>.

Konda, A., Prakash, A., Moss, G. A., Schmoldt, M., Grant, G. D., & Guha, S. (2020) “Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks”, *ACS Nano*, 14(5), 6339–6347. doi:10.1021/acsnano.0c03252.

Milton, D.K. (2020) “A Rosetta Stone for Understanding Infectious Drops and Aerosols”, *Journal of the Pediatric Infectious Diseases Society* 9, 413-415.

Morales, N.J., Candal, R.J., Famá, L. Goyanes, S., Rubiolo, G.H. (2015) “Improving the physical properties of starch using a new kind of water dispersible nano-hybrid reinforcement”, *Carbohydrate Polymers* 127, 291-299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.03.071>. ISSN: 0144-8617.

Nakamura S., Sato M., Sato Y., Ando N., Takayama T., Fujita M., Ishihara M. (2018) “Synthesis and Application of Silver Nanoparticles (Ag NPs) for the Prevention of Infection in Healthcare Workers”, *International Journal of Molecular Sciences*, 20(15), 3620.

Rtimi, S., Dionysiou, D. D., Pillai, S. C., & Kiwi, J. (2018), “Advances in catalytic/photocatalytic bacterial inactivation by nano Ag and Cu coated surfaces and medical devices”, *Applied Catalysis B: Environmental* 240, 291-318 doi:10.1016/j.apcatb.2018.07.025.

Salah, I., Parkin, I. P., & Allan, E. (2021) “Copper as an antimicrobial agent: recent advances”, *RSC Advances*, 11(30), 18179–18186. doi:10.1039/d1ra02149d.

Thurman, R, Gerba, C., Bitton, G. (1989), “The molecular mechanisms of copper and silver ion disinfection of bacteria and viruses”, *Critical reviews in environmental science and technology*, 18, 295-315.

Notas periodísticas

1) <https://www.pagina12.com.ar/261734-insumos-sanitarios-argentina-se-suma-a-la-batalla-comercial>

S. Goyanes, R. Candal, G. Polla, A. Llois, L. Famá, L. Guz, B. Parodi, P. Carnelli, A. Vergara, D. Picón,
L. Quintero Borregales, E. Díaz y F. Trupp

2) <https://www.pagina12.com.ar/290959-argentina-ya-produce-9-decada-10-insumos-esenciales-para-co>

3) <https://www.infobae.com/coronavirus/2020/06/02/aerolineas-realizara-otros-15-vuelos-a-china-durante-junio-en-busca-de-mas-insumos-sanitarios-para-el-coronavirus/>